

## Аспекты инфраструктурной реализации системы планирования комплекса нейтронной терапии на базе генератора НГ-24МТ

Wednesday 2 July 2025 15:10 (20 minutes)

Практически с момента открытия нейтронов, исследователи по всему миру стали подразумевать огромный потенциал от их использования в терапии злокачественных новообразований. К сожалению, на протяжении практически вековой истории применения метода, оставался ряд фундаментальных проблем, начиная от механизмов их получения и генерации, включая размеры источников, и заканчивая радиобиологическими особенностями и сложностями в описании взаимодействия нейтронного излучения и его эффективного действующего спектра ионизации, с живыми объектами. На настоящий момент в России создан и готов к клинической апробации инновационный комплекс медицинского назначения, предназначенный для дистанционной терапии быстрыми нейтронами 14,8 МэВ [1].

В рамках выполнения работ по созданию установки медицинского назначения, был выполнен огромный спектр научно-технологических изысканий. Сюда относятся расчёты защитного каньона для расположения установки [2], проектирование систем коллимации и биологической защиты генератора, а также разработка научно-технологического и программно-алгоритмического обеспечения, предназначенных для планирования дистанционной нейтронной терапии.

Система планирования комплекса построена по архитектуре клиент-сервер, при этом поддерживаются и апробированы реализации в виде территориально-обособленного клиента с передачей данных на базе сетей общего пользования с применением протоколов SSH для архитектуры передачи команд и SCP для передачи файловой информации. Интеграция данных между медицинскими устройствами, включая средства топометрии, системы визуального отображения терапевтических характеристик создаваемого поля, и фактическую передачу данных на пульт управления установкой, обеспечивается в соответствии с отраслевым стандартом DICOM. Совокупность клиентских приложений представлена обособленными исполняемыми файлами для среды Windows, написанными на языках C++, C# и Python. Серверные средства представлены одиночной платформой высокопроизводительных вычислений на базе Intel Xeon с видеокартой nVidia Tesla V100, под управлением операционной системы Proxmox. В рамках среды Proxmox развёрнута виртуальная машина, предоставляющая доступ к пространству дискового хранилища по протоколам CIFS, NFS, SCP и iSCSI, а также основной вычислительный бэкенд-сервер на базе Ubuntu. Основным физическим движком является среда Монте-Карло моделирования общего назначения Geant4 [3], осуществляющая расчёт транспорта фазового пространства, получаемого из любых совместимых сред (MCNP, Fluka, TOPAS) по воксельной сетке со специализированным алгоритмом преобразования томографических и топометрических данных. Дополнительная обработка данных, агрегация результатов выполнения расчётов, построения статистики, управление и мониторинг запуска множественных задач планирования, реализованы на базе языков C++, C# и Python. Дополнительно поддерживается модуль CUDA для расчёта относительной биологической эффективности [4].

1. Мардынский Ю.С. и соавт., Вестник Российской Академии Наук 94(1) 80-86 (2024)
2. Чернуха А.Е. и соавт., Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 3 158-167 (2022)
3. Agostinelli S. et al., Nucl. Instr. and Meth. A 506(3) 250-303 (2003)
4. Gordon K.B. et al., Bulletin of Experimental Biology and Medicine 173(2) 281-285 (2022)

**Primary author:** СОЛОВЬЕВ, Алексей (МРНЦ им. А.Ф. Цыба - филиал ФГБУ "НМИЦ радиологии" Минздрава России)

**Co-authors:** Мг ЧЕРНУХА, Александр (МРНЦ им. А.Ф. Цыба - филиал ФГБУ "НМИЦ радиологии" Минздрава России); САБУРОВ, Вячеслав (МРНЦ им. А.Ф. Цыба - филиал ФГБУ "НМИЦ радиологии" Минздрава России)

России,); Mr КАЗАКОВ, Евгений (МРНЦ им. А.Ф. Цыба - филиал ФГБУ "НМИЦ радиологии" Минздрава России); Dr КОРЯКИН, Сергей (МРНЦ им. А.Ф. Цыба - филиал ФГБУ "НМИЦ радиологии" Минздрава России); КИЗИЛОВА, Яна (МРНЦ им. А.Ф. Цыба - филиал ФГБУ "НМИЦ радиологии" Минздрава России)

**Presenter:** СОЛОВЬЕВ, Алексей (МРНЦ им. А.Ф. Цыба - филиал ФГБУ "НМИЦ радиологии" Минздрава России)

**Session Classification:** 7. Nuclear medicine

**Track Classification:** Section 7. Nuclear medicine.